

PCT

WELTOORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Internationales Büro

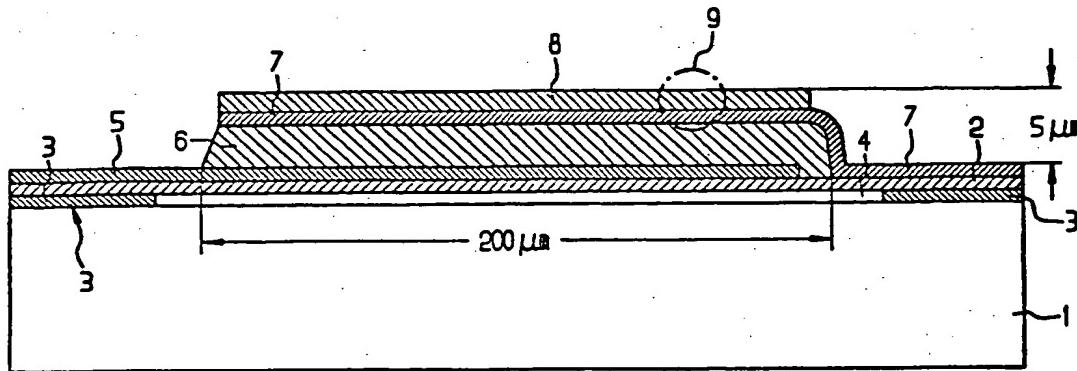
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICH NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(S1) Internationale Patentklassifikation ⁶ :	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/59244 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 18. November 1999 (18.11.99)
H03H 9/00		
(21) Internationales Aktenzeichen:	PCT/DE99/01393	(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(22) Internationales Anmeldedatum:	7. Mai 1999 (07.05.99)	
(30) Prioritätsdaten:	198 20 755.7 8. Mai 1998 (08.05.98) DE	Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>
(71) Anmelder (<i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i>):	SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).	
(72) Erfinder; und		
(75) Erfinder/Anmelder (<i>nur für US</i>):	AIGNER, Robert [AT/DE]; Einsteinstrasse 104, D-81675 München (DE).	
(74) Gemeinsamer Vertreter:	SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).	

(54) Title: THIN-LAYERED PIEZO-RESONATOR

(54) Bezeichnung: DÜNNFILM-PIEZORESONATOR



(57) Abstract

Preferably, the resonator is provided with lithographically produced holes or similar structures in the top electrode layer. The average distance between said holes or structures is shorter than the wavelength provided in order to operate each component. Said structures are preferably distributed in both an even manner to enable uniform modification of layer mass for each surface and specific adjustment of the resonance frequency or frequencies, and in an uneven manner in order to avoid the effects of diffraction.

(57) Zusammenfassung

Der Resonator ist in der Schicht der Deckelektrode oder in einer darauf aufgebrachten Zusatzschicht mit vorzugsweise lithografisch hergestellten Löchern oder ähnlichen Strukturierungen versehen, die einen mittleren Abstand voneinander haben, der geringer ist als die vorgesehene Wellenlänge im Betrieb des Bauelementes. Diese Strukturierungen sind vorzugsweise so ausreichend gleichmäßig verteilt, daß eine gleichmäßige Änderung der Masse der Schicht pro Fläche bewirkt ist und damit eine gezielte Einstellung der Resonanzfrequenz(en) erfolgt, und anderseits so unregelmäßig verteilt, daß Beugungseffekte vermieden werden.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LJ	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung**Dünnfilm-Piezoresonator**

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft einen Dünnfilm-Piezoresonator, der mit den Methoden der Mikromechanik herstellbar ist.

Die Resonanzfrequenz von Dünnfilm-Piezoresonatoren im Frequenzbereich über 500 MHz ist indirekt proportional zur Schichtdicke der Piezoschicht. Die Trägermembran sowie die Boden- und Deckelektroden stellen eine zusätzliche Massenbelastung für den Resonator dar, die eine Reduzierung der Resonanzfrequenz bewirkt. Die Dickenschwankungen in allen diesen Schichten bestimmen den Bereich der Fertigungstoleranzen, in dem die Resonanzfrequenz eines Exemplars des Resonators liegt. Für Sputterprozesse in der Mikroelektronik sind Schichtdickenschwankungen von 5 % typisch, mit erheblichem Aufwand können 1 % erreicht werden. Schwankungen treten sowohl statistisch von Scheibe zu Scheibe als auch systematisch zwischen Scheibenmitte und Rand auf. Für Filter im GHz-Bereich müssen die Resonanzfrequenzen einzelner Resonatoren zumindest eine absolute Genauigkeit von 0,5 % aufweisen.

- 25 Für hochselektive Filter müssen mehrere Resonatoren in Leiter-, Gitter- oder Parallelkonfiguration verschaltet werden. Die individuellen Resonatoren müssen gezielt zueinander verstimmt werden, um die gewünschte Filtercharakteristik zu erreichen. Vorzugsweise werden aus Kostengründen alle Resonatoren eines Filters aus einer Piezoschicht konstanter Dicke hergestellt; die Frequenzabstimmung erfolgt durch additive Schichten auf den Deckelektroden. Für jede vorkommende Resonanzfrequenz muß eine Zusatzschicht unterschiedlicher Dicke hergestellt werden. Das erfordert jeweils einen Abscheide- oder Ätzschritt, verbunden mit einem Lithografieschritt. Um diesen Aufwand zu begrenzen, werden üblicherweise nur Filter-

topologien hergestellt, mit denen nur zwei Resonanzfrequenzen eingestellt werden.

Die Resonanzfrequenz von Dünnfilm-Piezoresonatoren kann grundsätzlich dadurch getrimmt werden, daß Zusatzschichten wie oben beschrieben aufgebracht werden, was aber eine aufwendige Lithografie erforderlich macht. Mit Laser-Trimmen oder Ionenstrahltrimmen läßt sich ganzflächig Material abtragen, was die Masse der Deckelschicht verringert, aber einen teuren Fertigungsschritt am Ende des Fertigungsprozesses erfordert. Mit angeschlossenen Kapazitäten oder einer angelegten Gleichspannung kann die Resonanzfrequenz zwar verschoben werden; der Trimbereich ist aber vergleichsweise eng. Das gleiche gilt für thermisches Trimmen durch Aufheizen des Resonators.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Dünnfilm-Piezoresonator anzugeben, der mit einfachen Mitteln und hoher Genauigkeit auf eine vorgegebene Resonanzfrequenz eingestellt werden kann. Außerdem soll angegeben werden, wie sich auf einfache Weise mehrere Resonanzfrequenzen einstellen lassen.

Diese Aufgabe wird mit dem Dünnfilm-Piezoresonator mit den Merkmalen des Anspruches 1 bzw. mit der Anordnung mit den Merkmalen des Anspruches 7 gelöst. Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Der erfindungsgemäße Dünnfilm-Piezoresonator ist in der Schicht der Deckelelektrode oder in einer eigens dafür aufgebrachten Zusatzschicht mit vorzugsweise lithografisch hergestellten Löchern oder ähnlichen Strukturierungen versehen, die einen mittleren Abstand voneinander haben, der geringer ist als die vorgesehene akustische Wellenlänge im Betrieb des Bauelementes. Diese Strukturierungen sind vorzugsweise so ausreichend gleichmäßig verteilt, daß eine gleichmäßige Änderung der Masse der Schicht pro Fläche (Flächendichte) bewirkt ist und damit eine gezielte Einstellung der Resonanzfre-

quenz(en) erfolgt, und anderseits so unregelmäßig verteilt, daß Beugungseffekte vermieden werden.

- Es folgt eine genauere Beschreibung des erfindungsgemäßen
5 Dünnfilm-Piezoresonators anhand der Figuren 1 bis 3.
Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen
Resonators im Querschnitt.
Figur 2 zeigt den in Figur 1 gekennzeichneten Ausschnitt in
einer Vergrößerung.
10 Figur 3 zeigt die Strukturierung der oberen Schicht in Auf-
sicht.

Figur 1 zeigt ein Beispiel eines erfindungsgemäßen Resonators
im Querschnitt. Auf einem Substrat 1 befindet sich eine Trä-
gerschicht 2, die vorzugsweise Polysilizium ist und unter der
sich im Bereich einer als Resonator vorgesehenen Schicht-
struktur ein Hohlraum 4 in einer Hilfsschicht 3 z. B. aus
Oxid befindet. Der Hohlraum besitzt typisch die eingezeichne-
te Abmessung von etwa 200 µm. Auf der Trägerschicht 2 befin-
det sich die Schichtstruktur des Resonators aus einer für die
20 Bodenelektrode vorgesehenen unteren Elektrodenschicht 5, ei-
ner Piezoschicht 6 und einer für die Deckelelektrode vorgese-
henen oberen Elektrodenschicht 7. Die Elektrodenschichten 5,
7 sind vorzugsweise Metall, und die Piezoschicht 6 ist z. B.
25 AlN, ZnO oder PZT-Keramik (PbZrTi). Diese Schichtstruktur be-
sitzt insgesamt typisch die eingezeichnete Dicke von etwa
5 µm.

Erfindungsgemäß sind in der oberen Elektrodenschicht 7 oder
30 einer weiteren darauf aufgebrachten und im folgenden als Zu-
satzschicht 8 bezeichneten Schicht vorzugsweise fotolithogra-
fisch hergestellte Ätzstrukturen vorhanden, die die Resonanz-
frequenz oder mehrere unterschiedliche Resonanzfrequenzen in
der vorgesehenen Weise festlegen. In dem in der Figur 1 dar-
35 gestellten Beispiel befinden sich diese Ätzstrukturen in ei-
ner Zusatzschicht 8.

Münster

- Figur 2 zeigt den in Figur 1 mit einem Kreis 9 bezeichneten Ausschnitt in einer Vergrößerung, in der die Struktur der Zusatzschicht 8 auf der oberen Elektrodenschicht 7 und der Piezoschicht 6 erkennbar ist. Die Zusatzschicht 8 ist in diesem Beispiel durch eine Vielzahl von Löchern 10 perforiert. Über die Dichte der Verteilung dieser Löcher 10 ist die effektive Massenbelastung des Resonators und damit die Resonanzfrequenz gezielt eingestellt. Bei einer Frequenz von 1 GHz liegt die akustische Wellenlänge gängiger Dünnfilm-Piezomaterialien im Bereich von 5 µm bis 10 µm. Sind die Löcher der Perforation und deren Abstand deutlich kleiner als die akustische Wellenlänge, so ist die Perforation für die akustische Welle unscharf und bewirkt keine Streuung der Welle; die Perforation wirkt auf die Welle als Änderung der mittleren Dichte des Materials. Ein weiterer Vorteil, der erzielt wird, ist die Streuung höherer Moden des Resonators an den Löchern, so daß der unerwünschte Einfluß dieser Moden auf die Filtercharakteristik abnimmt.
- Figur 3 zeigt die Zusatzschicht 8 in Aufsicht, so daß die Lage der Löcher 10 (hier näherungsweise quadratisch) erkennbar ist. Statt einzelner Löcher in der Zusatzschicht 8 können zusammenhängende Zwischenräume vorhanden sein, die z. B. den gesamten Bereich zwischen den in Figur 3 dargestellten quadratischen Bereichen 10 einnehmen. Diese Bereiche bilden dann Inseln 10 aus dem Material der Zusatzschicht 8. Wesentlich ist an der vorhandenen Strukturierung, daß die ausgesparten Bereiche der strukturierten Schicht bzw. die verbliebenen Inseln so angeordnet sind, daß die gewünschte Einstellung der Resonanzfrequenz erreicht wird. Falls die Strukturierung direkt in der oberen Elektrodenschicht 7 vorhanden ist, empfiehlt es sich, von dieser Elektrodenschicht 7 alles bis auf Löcher von etwa der Größe und Anordnung, wie sie in der Figur 3 dargestellt sind (Löcher 10), stehenzulassen.
- Durch gezielte und ggf. (z. B. unter Verwendung von Steppern) örtlich variierende Über- oder Unterbelichtung bei der Litho-

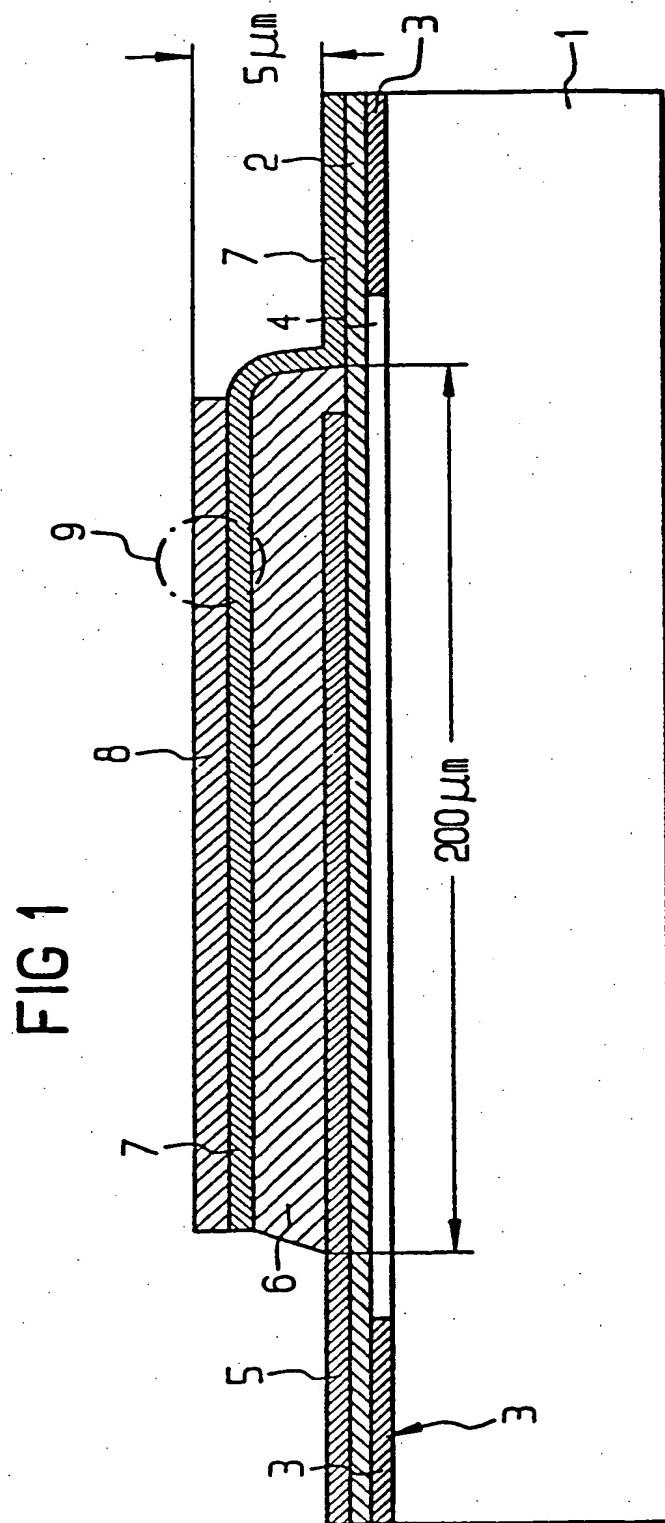
grafie können bei der Herstellung des Resonators Schwankungen der Schichtdicke ausgeglichen werden. Beliebig viele Resonanzfrequenzen können ohne Zusatzaufwand mit mehreren entsprechend ausgeführten Resonatoren auf demselben Chip realisiert werden. Bei der Herstellung brauchen dafür nur der Abstand und die Größe der Löcher in der für die Lithografie verwendeten Maske verändert zu werden. Insbesondere Filter mit parallelen Resonatoren und Filterbänke zur Auftrennung von Frequenzbändern lassen sich so einfach realisieren.

Patentansprüche

1. Dünnfilm-Piezoresonator mit einer Piezoschicht (6) zwischen einer unteren Elektrodenschicht (5) und einer oberen Elektrodenschicht (7),
5 bei dem in der oberen Elektrodenschicht (7) oder in einer darauf aufgebrachten Zusatzschicht (8) eine Strukturierung vorhanden ist und
bei dem diese Strukturierung so beschaffen ist, daß durch die 10 damit bewirkte Änderung der mittleren Dichte der betreffenden Schicht (7; 8) eine vorgesehene Resonanzfrequenz eingestellt ist.
2. Dünnfilm-Piezoresonator nach Anspruch 1,
15 bei dem eine Zusatzschicht (8) auf der oberen Elektroden- schicht (7) vorhanden ist und
bei dem die Strukturierung in dieser Zusatzschicht (8) vor- handen ist.
- 20 3. Dünnfilm-Piezoresonator nach Anspruch 1 oder 2,
bei dem die Strukturierung Löcher (10) umfaßt und
bei dem der Abstand zwischen je einem dieser Löcher und dem dazu nächstgelegenen Loch geringer ist als eine für den Be- trieb des Resonators vorgesehene Wellenlänge.
- 25 4. Dünnfilm-Piezoresonator nach Anspruch 2,
bei dem die Strukturierung Inseln (10) umfaßt und
bei dem der Abstand zwischen je einer dieser Inseln und der dazu nächstgelegenen Insel geringer ist als eine für den Be- trieb des Resonators vorgesehene Wellenlänge.
- 30 5. Dünnfilm-Piezoresonator nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
bei dem die Strukturierung so unregelmäßig ist, daß Beugungs- erscheinungen vermieden sind.

6. Dünnfilm-Piezoresonator nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
bei dem die Piezoschicht (6) ein Material aus der Gruppe von
AlN, ZnO und PZT-Keramik ist,
bei dem die Piezoschicht (6) und die Elektrodenschichten (5,
5 7) auf einer Trägerschicht (2) aus Polysilizium angeordnet
sind und
bei dem auf der von der unteren Elektrodenschicht (5) abge-
wandten Seite dieser Trägerschicht ein Hohlraum (4) vorhanden
ist.
- 10 7. Anordnung aus mehreren Dünnfilm-Piezoresonatoren nach je
einem der Ansprüche 1 bis 6,
bei der die Resonatoren auf demselben Chip angeordnet sind
und
15 bei der die Resonatoren auf mindestens drei verschiedene Re-
sonanzfrequenzen eingestellt sind.

1/2



2/2

FIG 2

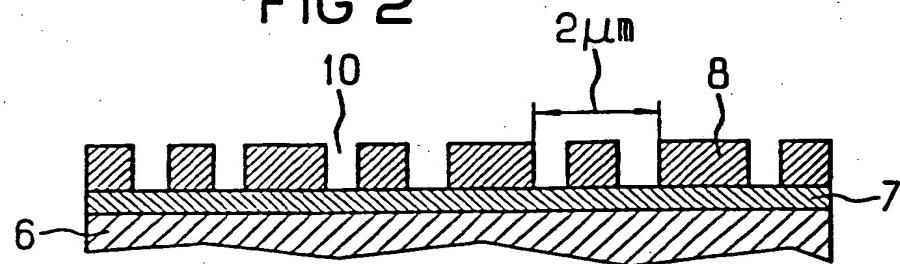


FIG 3

